

[ICon2023] Beer Spotter

Sistema basato su conoscenza

Gruppo di lavoro

- Ester Molinari, 716555, e.molinari3@studenti.uniba.it
- Giacomo Signorile, 704897, g.signorile14@studenti.uniba.it

Introduzione

Questo notebook realizzato in SWISH presenta le funzionalità del KBS realizzato per consigliare le birre. Prenderemo in esame una porzione minore di fatti rispetto a quelli utilizzati nel progetto finale con il solo scopo di dimostrarne le funzionalità principali.

Obiettivo

Vogliamo mostrare l'applicazione del Naive Bayes e del KNN con distanza euclidea in Prolog, avendoli implementati anche in Python per confrontarne i risultati.

Base di conoscenza (KB)

Prendiamo in esame solo i fatti relativi agli stili delle birre. Gli stili totali sono 110, ne selezioneremo solo alcuni.

```
1 % id e nome dello stile
2 styleid(0, altbier).
3 styleid(1, barleywine).
4 styleid(10, bock).
5 styleid(20, ale).
6 styleid(21, dubbel).
7 styleid(30, ipa).
8 styleid(40, lager).
```

```
1 % fatti per l'applicazione del KNN
2 mouthfeel(0, 2.6, 2.4, 1.7).
3 mouthfeel(1, 1.9, 2.9, 4.4).
4 mouthfeel(10, 2.7, 2.4, 2.4).
5 mouthfeel(10, 1.8, 2.9, 1.9).
6 mouthfeel(20, 2.4, 3.0, 1.4).
7 mouthfeel(21, 1.8, 2.4, 2.5).
8 mouthfeel(30, 2.8, 2.2, 2.4).
9 mouthfeel(40, 2.9, 1.9, 1.3).
10
11 taste(0, 2.8, 2.9, 1.5, 1.1).
12 taste(1, 3.4, 4.3, 1.9, 1.1).
13 taste(10, 1.3, 3.5, 1.5, 1.0).
14 taste(10, 2.2, 3.5, 1.4, 1.1).
15 taste(20, 1.8, 2.4, 1.6, 1.2).
16 taste(21, 1.7, 4.3, 1.8, 1.0).
17 taste(30, 3.6, 2.6, 2.7, 1.1).
18 taste(40, 2.3, 1.8, 1.3, 1.2).
19
20 flavour(0, 1.9, 3.3, 1.4, 3.9).
21 flavour(1, 3.3, 3.7, 1.6, 3.9).
22 flavour(10, 2.1, 3.3, 1.4, 3.7).
23 flavour(10, 1.9, 2.1, 1.5, 3.8).
24 flavour(20, 1.9, 2.2, 1.4, 2.7).
25 flavour(21, 3.5, 1.8, 2.0, 3.0).
26 flavour(30, 4.2, 4.4, 2.1, 1.9).
27 flavour(40, 1.5, 3.0, 1.2, 2.8).
```

```
1 % fatti per l'applicazione del Naive Bayes
2 style(altbier, astringent, sweet, malty).
3 style(barleywine, alcohol, sweet, malty).
4 style(bock, astringent, sweet, malty).
5 style(bock, body, sweet, malty).
6 style(ale, body, sweet, malty).
7 style(dubbel, alcohol, sweet, fruits).
8 style(ipa, astringent, bitter, hoppy).
9 style(ipa, body, bitter, hoppy).
10 style(lager, astringent, bitter, hoppy).
11 style(lager, body, sweet, malty).
```

Prendiamo in considerazione i seguenti stili:

- **Altbier**, una birra astringente, dolce e maltosa
- **Barleywine**, una birra alcolica, dolce e maltosa

- Adesso aggiungiamo una o due birre per ogni stile.

"Naive" KNN

```

1 % calcola la distanza euclidea tra i valori dei gruppi di feature
2 dist_mouthfeel(Astringency, Body, Alcohol) :-
3     mouthfeel(A, Ast, Bod, Alc),
4     S is sqrt((Astringency-Ast)^2+(Body-Bod)^2+(Alcohol-Alc)^2),
5
6     styleid(A, Name),
7     write("Stile (texture): "), write(Name), write(" - Distanza: "), write(S), nl.
8
9 dist_taste(Bitter, Sweet, Sour, Salty) :-
10    taste(A, Bit, Swe, Sou, Sal),
11    S is sqrt((Bitter-Bit)^2+(Sweet-Swe)^2+(Sour-Sou)^2+(Salty-Sal)^2),
12
13    styleid(A, Name),
14    write("Stile (gusto): "), write(Name), write(" - Distanza: "), write(S), nl.
15
16 dist_flavour(Fruity, Hoppy, Spices, Malty) :-
17    flavour(A, Fru, Hop, Spi, Mal),
18    S is sqrt((Fruity-Fru)^2+(Hoppy-Hop)^2+(Spices-Spi)^2+(Malty-Mal)^2),
19
20    styleid(A, Name),
21    write("Stile (aroma): "), write(Name), write(" - Distanza: "), write(S), nl.

```

- **Astringency:** 2
- **Body:** 3
- **Alcohol:** 1

true	2
true	3
true	4
true	5
true	6
true	7
true	8

Il valore minimo di distanza lo si ha per lo stile "Ale" (0.56) mentre il valore massimo di distanza lo si ha per lo stile "Barleywine" (3.40). Possiamo quindi affermare che una birra dello stile "Ale" è più corposa che astringente e poco alcolica.

Adesso aggiungiamo che lo stile che vogliamo deve essere leggermente dolce rispetto alle altre feature relative al sapore.

≡ ?- dist_taste(1, 2, 1, 1).

Stile (gusto): altbier - Distanza: 2.0760539492026693

true

1

Stile (gusto): barleywine - Distanza: 3.4452866353904428

Stile (gusto): bock - Distanza: 1.6093476939431082

Stile (gusto): bock - Distanza: 1.9646882704388502

Stile (gusto): ale - Distanza: 1.0954451150103324

Stile (gusto): dubbel - Distanza: 2.5337718918639855

Stile (gusto): ipa - Distanza: 3.165438358268883

Stile (gusto): lager - Distanza: 1.3638181696985854

true

true

true

true

true

true

true

2

3

4

5

6

7

8

Il valore minimo di distanza lo si ha per lo stile "Ale" (1.09) mentre il valore massimo di distanza lo si ha per lo stile "Barleywine" (3.44). Possiamo quindi affermare che una birra dello stile "Ale" è più dolce rispetto alle altre.

Continuiamo la ricerca dello stile aggiungendo che vogliamo un aroma fruttato.

≡ ?- dist_flavour(2, 1, 1, 1).

Stile (aroma): altbier - Distanza: 3.7242448899072143

true

1

Stile (aroma): barleywine - Distanza: 4.2130748865881795

Stile (aroma): bock - Distanza: 3.570714214271425

Stile (aroma): bock - Distanza: 3.0512292604784714

Stile (aroma): ale - Distanza: 2.121320343559643

Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.808914381037628

Stile (aroma): ipa - Distanza: 4.291852746774987

Stile (aroma): lager - Distanza: 2.7440845468024486

true

true

true

true

true

true

true

2

3

4

5

6

7

8

Il **valore minimo** di distanza lo si ha per lo stile "Ale" (2.12) mentre il **valore massimo** di distanza lo si ha per lo stile "IPA" (4.29). Possiamo quindi affermare che una birra dello stile "Ale" è più fruttata rispetto alle altre.

Analizzando i dati, possiamo quindi consigliare una birra dello **stile "Ale"** per un utente che cerca una birra **corposa, dolce e fruttata**.

Effettuando una ricerca riguardante lo stile "Ale" e "Barleywine" scopriamo che:

- **Ale** è il termine usato per indicare le birre ad alta fermentazione, [...]. Il risultato è un sapore dolce, dal corpo pieno e fruttato.
- Il **barley wine** o **barleywine** [...] è un tipo di birra ad alta fermentazione di origine britannica. Ha questo nome perché è la birra che si accosta di più al vino sia per i sapori che per il tasso alcolico che risulta elevato rispetto alla media delle birre.

Naive Bayes

Adesso realizziamo un classificatore **Naive Bayes** per consigliare uno stile di birra basato su feature categoriche e non numeriche. Abbiamo voluto applicare uno **smoothing di Laplace** con **K = 0.1** alla probabilità a priori dello stile e alla probabilità condizionata delle feature categoriche.

Abbiamo scelto un valore molto basso per evitare che si verifichi una sovrastima delle probabilità, quindi abbiamo preferito fare un modello incline a **sottostimare le probabilità**.

1 % calcolo la probabilità a priori dello stile

2 count_style(Name, Count) :-

3 findall(Name, style(Name, _, _, _), L),

4 length(L, Count).

5

6 prob_style(Name, Prob) :-

7 count_style(Name, N),

8 count_style(_, T),

9 C is T+0.2,

10 Prob is (N+0.1)/C.

11

```

12 % calcolo la probabilità condizionata della prima feature
13 count_mouthfeel(Mouthfeel, Name, Count) :-
14     findall(Mouthfeel, style(Name, Mouthfeel, _, _), L),
15     length(L, Count).
16
17 prob_mouthfeel(Mouthfeel, Name, Prob) :-
18     count_mouthfeel(Mouthfeel, Name, N),
19     count_style(Name, T),
20     C is T+0.3,
21     Prob is (N+0.1)/C.
22
23 % calcolo la probabilità condizionata della seconda feature
24 count_taste(Taste, Name, Count) :-
25     findall(Taste, style(Name, _, Taste, _), L),
26     length(L, Count).

```

Facciamo calcolare la probabilità che uno stile sia **alcolico** (A = alcohol), **dolce** (B = sweet) e **fruttato** (C = fruits).

≡ ?- A = body, B = sweet, C = fruits,

```

predict(altbier, A, B, C, Altbier),
predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),
predict(bock, A, B, C, Bock),
predict(ale, A, B, C, Ale),
predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),
predict(ipa, A, B, C, IPA),
predict(lager, A, B, C, Lager).

```

A = body,
Ale = 0.005939471828786134,
Altbier = Barleywine, **Barleywine** = 0.0005399519844351033,
B = sweet,
Bock = 0.003908837308244578,
C = fruits,
Dubbel = 0.005939471828786136,
IPA = 0.00018613510991640853,
Lager = 0.0020474862090804936

A pari merito, troviamo gli stili "Ale" e "Dubbel" con una probabilità di consigliare lo stile dello **0.59%** rispetto a tutte le altre.

Proviamo questa volta a mettere i dati di uno stile di cui **non si conosce la classificazione** per mancanza di dati di addestramento (ad esempio, "sour" non è una feature presente nella conoscenza di base).

≡ ?- A = alcohol, B = sour, C = malty,

```

predict(altbier, A, B, C, Altbier),
predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),
predict(bock, A, B, C, Bock),
predict(ale, A, B, C, Ale),
predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),
predict(ipa, A, B, C, IPA),
predict(lager, A, B, C, Lager).

```

A = alcohol,
Ale = Altbier, **Altbier** = 0.0005399519844351033,
B = sour,
Barleywine = 0.005939471828786135,
Bock = 0.0003553488462040526,
C = malty,
Dubbel = 0.0005399519844351032,
IPA = 1.6921373628764408e-5,
Lager = 0.0001861351099164085

Il valore di probabilità più alto si ha con lo stile "Barleywine" (0.59%), quindi una birra con queste caratteristiche è più probabile che appartenga allo stile "Barleywine" che allo stile "IPA", che registra la percentuale più bassa.

Consigliatore Prolog

Eseguiamo le ultime due query come query semplici in Prolog per confrontare la soluzione con quelle precedenti.

≡ ?- style(Style1, body, sweet, fruits),
style(Style2, alcohol, sour, malty).

false

Inserendo i dati delle query precedenti otteniamo "false" in quanto nella base di conoscenza **non esiste** alcuno stile di birra che è corposo, dolce e fruttato e non esiste uno stile alcolico, aspro e maltato.

Precisione e richiamo

Vogliamo ottenere i valori di precisione e richiamo del Naive Bayes indicato sopra. Prendiamo come dati di test:

- **Altbier:** (0, 2.6, 2.4, 1.7), (0, 2.8, 2.9, 1.5, 1.1), (0, 1.9, 3.3, 1.4, 3.9)
- **Lager:** (40, 2.9, 1.9, 1.3), (40, 2.3, 1.8, 1.3, 1.2), (40, 1.5, 3.0, 1.2, 2.8)
- **Bock:** (10, 2.7, 2.4, 2.4), (10, 1.3, 3.5, 1.5, 1.0), (10, 2.1, 3.3, 1.4, 3.7)
- **IPA:** (30, 2.8, 2.2, 2.4), (30, 3.6, 2.6, 2.7, 1.1), (30, 4.2, 4.4, 2.1, 1.9)

- **Altbier:** astringent, sweet, malty
- **Lager:** astringent, bitter, hoppy
- **Bock:** body, sweet, malty
- **IPA:** body, bitter, hoppy

Naive Bayes

☰ ?- % altbier (mouthfeel)

dist_mouthfeel(3, 2, 2).

Stile (texture): altbier - Distanza: 0.6403124237432848

true

Stile (texture): barleywine - Distanza: 2.7892651361962706

Stile (texture): bock - Distanza: 0.6403124237432847

Stile (texture): bock - Distanza: 1.503329637837291

Stile (texture): ale - Distanza: 1.3114877048604001

Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.3601470508735443

Stile (texture): ipa - Distanza: 0.48989794855663565

Stile (texture): lager - Distanza: 0.714142842854285

true

true

true

true

true

true

true

1

2

3

4

5

6

7

8

Il valore minore di distanza è 0.48 e corrisponde a IPA, ma noi avevamo inserito i valori di una Altbier.

☰ ?- % lager (mouthfeel)

dist_mouthfeel(3, 2, 1)

Stile (texture): altbier - Distanza: 0.8999999999999999

true

Stile (texture): barleywine - Distanza: 3.685105154537656

Stile (texture): bock - Distanza: 1.4866068747318504

Stile (texture): bock - Distanza: 1.74928556845359

Stile (texture): ale - Distanza: 1.2328828005937953

Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.9621416870348583

Stile (texture): ipa - Distanza: 1.42828568570857

Stile (texture): lager - Distanza: 0.3316624790355401

true

true

true

true

true

true

true

1

2

3

4

5

6

7

8

Il valore minore di distanza è 0.33 e corrisponde a Lager; noi avevamo inserito i valori di una Lager per difetto ed eccesso.

☰ ?- % bock (mouthfeel)

dist_mouthfeel(3, 2, 2)

Stile (texture): altbier - Distanza: 0.6403124237432848

true

Stile (texture): barleywine - Distanza: 2.7892651361962706

Stile (texture): bock - Distanza: 0.6403124237432847

Stile (texture): bock - Distanza: 1.503329637837291

Stile (texture): ale - Distanza: 1.3114877048604001

Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.3601470508735443

Stile (texture): ipa - Distanza: 0.48989794855663565

Stile (texture): lager - Distanza: 0.714142842854285

true

true

true

1

2

3

4

true	5
true	6
true	7
true	8

Il valore minore di distanza è 0.48 e corrisponde a IPA, ma noi avevamo inserito i valori di una Bock per difetto e per eccesso.

<div><div>≡ ?- % IPA (mouthfeel)</div><div>dist_mouthfeel(3, 2, 2)</div></div>	<div><div><div></div><div></div></div></div>
Stile (texture): altbier - Distanza: 0.6403124237432848	
true	1
Stile (texture): barleywine - Distanza: 2.7892651361962706	
Stile (texture): bock - Distanza: 0.6403124237432847	
Stile (texture): bock - Distanza: 1.503329637837291	
Stile (texture): ale - Distanza: 1.3114877048604001	
Stile (texture): dubbel - Distanza: 1.3601470508735443	
Stile (texture): ipa - Distanza: 0.48989794855663565	
Stile (texture): lager - Distanza: 0.714142842854285	
true	2
true	3
true	4
true	5
true	6
true	7
true	8

Il valore minore di distanza è 0.48 e corrisponde a IPA; noi avevamo inserito i valori di una IPA arrotondati per difetto e per eccesso.

<div><div>≡ ?- % altbier (taste)</div><div>dist_taste(3, 3, 2, 1)</div></div>	<div><div><div></div><div></div></div></div>
Stile (gusto): altbier - Distanza: 0.5567764362830023	
true	1
Stile (gusto): barleywine - Distanza: 1.367479433117734	
Stile (gusto): bock - Distanza: 1.841195263952197	
Stile (gusto): bock - Distanza: 1.1224972160321822	
Stile (gusto): ale - Distanza: 1.4142135623730951	
Stile (gusto): dubbel - Distanza: 1.849324200890693	
Stile (gusto): ipa - Distanza: 1.0099504938362078	
Stile (gusto): lager - Distanza: 1.5684387141358123	
true	2
true	3
true	4
true	5
true	6
true	7
true	8

Il valore minore di distanza è 0.55 e corrisponde a Altbier; noi avevamo inserito i valori di una Altbier arrotondati per difetto e per eccesso.

<div><div>≡ ?- % Lager (taste)</div><div>dist_taste(2, 2, 1, 1)</div></div>	<div><div><div></div><div></div></div></div>
Stile (gusto): altbier - Distanza: 1.3076696830622019	
true	1
Stile (gusto): barleywine - Distanza: 2.840774542268358	
Stile (gusto): bock - Distanza: 1.7291616465790582	
Stile (gusto): bock - Distanza: 1.5684387141358123	
Stile (gusto): ale - Distanza: 0.7745966692414834	
Stile (gusto): dubbel - Distanza: 2.453568829277059	
Stile (gusto): ipa - Distanza: 2.412467616362964	
Stile (gusto): lager - Distanza: 0.5099019513592784	
true	2
true	3
true	4
true	5
true	6
true	7
true	8

Il valore minore di distanza è 0.50 e corrisponde a Lager; noi avevamo inserito i valori di una Lager arrotondati per difetto e per eccesso.

<div><div>≡ ?- % bock (taste)</div><div>dist_taste(1, 4, 2, 1)</div></div>	<div><div><div></div><div></div></div></div>
Stile (gusto): altbier - Distanza: 2.17025344142107	
true	1

Stile (gusto): barleywine - Distanza: 2.4228082879171433	
Stile (gusto): bock - Distanza: 0.7681145747868608	
Stile (gusto): bock - Distanza: 1.4352700094407327	
Stile (gusto): ale - Distanza: 1.8439088914585775	
Stile (gusto): dubbel - Distanza: 0.787400787401181	
Stile (gusto): ipa - Distanza: 3.0364452901377956	
Stile (gusto): lager - Distanza: 2.6570660511172846	
true	2
true	3
true	4
true	5
true	6
true	7
true	8

Il valore minore di distanza è 0.76 e corrisponde a Bock; noi avevamo inserito i valori di una Bock arrotondati per difetto e per eccesso.

<div>☰ ?- % IPA (taste) dist_taste(4, 3, 3, 1)</div>	<div>🔧 ▶</div>
Stile (gusto): altbier - Distanza: 1.9261360284258224	
true	1
Stile (gusto): barleywine - Distanza: 1.8083141320025125	
Stile (gusto): bock - Distanza: 3.1288975694324033	
Stile (gusto): bock - Distanza: 2.4617067250182343	
Stile (gusto): ale - Distanza: 2.6832815729997477	
Stile (gusto): dubbel - Distanza: 2.9017236257093812	
Stile (gusto): ipa - Distanza: 0.6480740698407859	
Stile (gusto): lager - Distanza: 2.694438717061496	
true	2
true	3
true	4
true	5
true	6
true	7
true	8

Il valore minore di distanza è 0.64 e corrisponde a IPA; noi avevamo inserito i valori di una IPA arrotondati per difetto e per eccesso.

<div>☰ ?- % altbier (flavour) dist_flavour(2, 3, 1, 4)</div>	<div>🔧 ▶</div>
Stile (aroma): altbier - Distanza: 0.519615242270663	
true	1
Stile (aroma): barleywine - Distanza: 1.5968719422671314	
Stile (aroma): bock - Distanza: 0.5916079783099614	
Stile (aroma): bock - Distanza: 1.0535653752852738	
Stile (aroma): ale - Distanza: 1.5811388300841893	
Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.3853720883753127	
Stile (aroma): ipa - Distanza: 3.5242020373412193	
Stile (aroma): lager - Distanza: 1.3152946437965907	
true	2
true	3
true	4
true	5
true	6
true	7
true	8

Il valore minore di distanza è 0.51 e corrisponde a Altbier; noi avevamo inserito i valori di una Altbier arrotondati per difetto e per eccesso.

<div>☰ ?- % Lager (flavour) dist_flavour(2, 3, 1, 3)</div>	<div>🔧 ▶</div>
Stile (aroma): altbier - Distanza: 1.0344080432788598	
true	1
Stile (aroma): barleywine - Distanza: 1.8303005217723125	
Stile (aroma): bock - Distanza: 0.8660254037844387	
Stile (aroma): bock - Distanza: 1.3076696830622019	
Stile (aroma): ale - Distanza: 0.9486832980505135	
Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.1656407827707715	
Stile (aroma): ipa - Distanza: 3.0364452901377956	
Stile (aroma): lager - Distanza: 0.574456264653803	
true	2
true	3
true	4
true	5
true	6

true	7
true	8

Il valore minore di distanza è 0.86 e corrisponde a Lager; noi avevamo inserito i valori di una Lager arrotondati per difetto e per eccesso.

≡ ?- % bock (flavour)

dist_flavour(2, 3, 1, 4)

Stile (aroma): altbier - Distanza: 0.519615242270663

true

Stile (aroma): barleywine - Distanza: 1.5968719422671314

Stile (aroma): bock - Distanza: 0.5916079783099614

Stile (aroma): bock - Distanza: 1.0535653752852738

Stile (aroma): ale - Distanza: 1.5811388300841893

Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.3853720883753127

Stile (aroma): ipa - Distanza: 3.5242020373412193

Stile (aroma): lager - Distanza: 1.3152946437965907

true

true

true

true

true

true

true

1

2

3

4

5

6

7

8

Il valore minore di distanza è 0.51 e corrisponde a Altbier, ma noi avevamo inserito i valori di una Bock arrotondati per difetto e per eccesso.

≡ ?- % IPA (flavour)

dist_flavour(4, 4, 2, 2)

Stile (aroma): altbier - Distanza: 2.978254522367086

true

Stile (aroma): barleywine - Distanza: 2.085665361461421

Stile (aroma): bock - Distanza: 2.711088342345192

Stile (aroma): bock - Distanza: 3.3926390907374744

Stile (aroma): ale - Distanza: 2.9154759474226504

Stile (aroma): dubbel - Distanza: 2.4677925358506134

Stile (aroma): ipa - Distanza: 0.46904157598234336

Stile (aroma): lager - Distanza: 2.920616373302047

true

true

true

true

true

true

true

1

2

3

4

5

6

7

8

Il valore minore di distanza è 0.46 e corrisponde a IPA; noi avevamo inserito i valori di una IPA arrotondati per difetto e per eccesso.

Effettuiamo il calcolo della precisione e del richiamo per ogni gruppo di feature:

- Mouthfeel
 - **Precisione:** 2/4 = 0.5
 - **Richiamo:** 2/2 = 1.0
- Taste
 - **Precisione:** 4/4 = 1.0
 - **Richiamo:** 4/4 = 1.0
- Flavour
 - **Precisione:** 3/4 = 0.75
 - **Richiamo:** 3/3 = 1.0

Possiamo dire che il nostro Naive Bayes ha una precisione media di 0.75 e un richiamo di 1.0 su dei dati presenti nella conoscenza di base.

"Naive" KNN

≡ ?- % altbier

A = astringent, B = sweet, C = malty,

predict(altbier, A, B, C, Altbier),

predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),

predict(bock, A, B, C, Bock),

predict(ale, A, B, C, Ale),

predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),

predict(ipa, A, B, C, IPA),

predict(lager, A, B, C, Lager).

1

2

3

4

5

6

7

8

A = astringent,
Ale = Barleywine, **Barleywine** = 0.005939471828786136,
Altbier = 0.06533419011664748,
B = sweet,
Bock = 0.08208558347313615,
C = malty,
Dubbel = 0.0005399519844351033,
IPA = 0.00018613510991640853,
Lager = 0.02252234829988543

≡ ?- % Lager

A = astringent, B = bitter, C = malty,

```
predict(altbier, A, B, C, Altbier),  
predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),  
predict(bock, A, B, C, Bock),  
predict(ale, A, B, C, Ale),  
predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),  
predict(ipa, A, B, C, IPA),  
predict(lager, A, B, C, Lager).
```

A = astringent,
Ale = Barleywine, **Barleywine** = 0.0005399519844351033,
Altbier = 0.005939471828786135,
B = bitter,
Bock = IPA, **IPA** = 0.003908837308244578,
C = malty,
Dubbel = 4.9086544039554845e-5,
Lager = 0.02252234829988543

≡ ?- % bock

A = body, B = sweet, C = malty,

```
predict(altbier, A, B, C, Altbier),  
predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),  
predict(bock, A, B, C, Bock),  
predict(ale, A, B, C, Ale),  
predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),  
predict(ipa, A, B, C, IPA),  
predict(lager, A, B, C, Lager).
```

A = body,
Ale = 0.06533419011664748,
Altbier = Barleywine, **Barleywine** = 0.005939471828786136,
B = sweet,
Bock = 0.08208558347313615,
C = malty,
Dubbel = 0.0005399519844351033,
IPA = 0.00018613510991640853,
Lager = 0.02252234829988543

≡ ?- %IPA

A = body, B = bitter, C = hoppy,

```
predict(altbier, A, B, C, Altbier),  
predict(barleywine, A, B, C, Barleywine),  
predict(bock, A, B, C, Bock),  
predict(ale, A, B, C, Ale),  
predict(dubbel, A, B, C, Dubbel),  
predict(ipa, A, B, C, IPA),  
predict(lager, A, B, C, Lager).
```

A = body,
Ale = 0.0005399519844351032,
Altbier = Barleywine, **Barleywine** = Dubbel, **Dubbel** = 4.9086544039554845e-5,
B = bitter,
Bock = 0.00018613510991640853,
C = hoppy,
IPA = 0.08208558347313615,
Lager = 0.02252234829988543

Effettuiamo il calcolo della precisione e del richiamo per tutte le query:

- **Precisione:** 3/4 = 0.75
- **Richiamo:** 3/3 = 1.0

Prolog

Non è necessario calcolare la precisione e il richiamo del consigliere Prolog in quanto il sistema è CWA (Closed World Assumption), quindi se uno stile non esiste, restituirà "false" ottenendo una precisione pari a 1.0 e un richiamo pari a 1.0.

Conclusioni

"Naive" KNN

Questo classificatore fornisce un risultato accettabile, basandosi unicamente sulle feature numeriche, quindi non richiede l'utilità di un esperto che analizzi i dati e li converta in feature categoriche.

Naive Bayes

Il Naive Bayes fornisce percentuali molto basse ma abbastanza accurate, e il suo risultato è simile a quello del "Naive" KNN. L'unico problema è che richiede l'analisi delle feature numeriche e la loro conversione in feature categoriche da parte di un esperto.

Prolog

Il risultato del consigliere Prolog non è adatto alla classificazione degli stili di birra. Nel caso in cui non dovesse esistere una feature categorica, il sistema non è in grado di consigliare nessuno stile.